Processamento de Linguagem Natural e Imagens

Aula 8

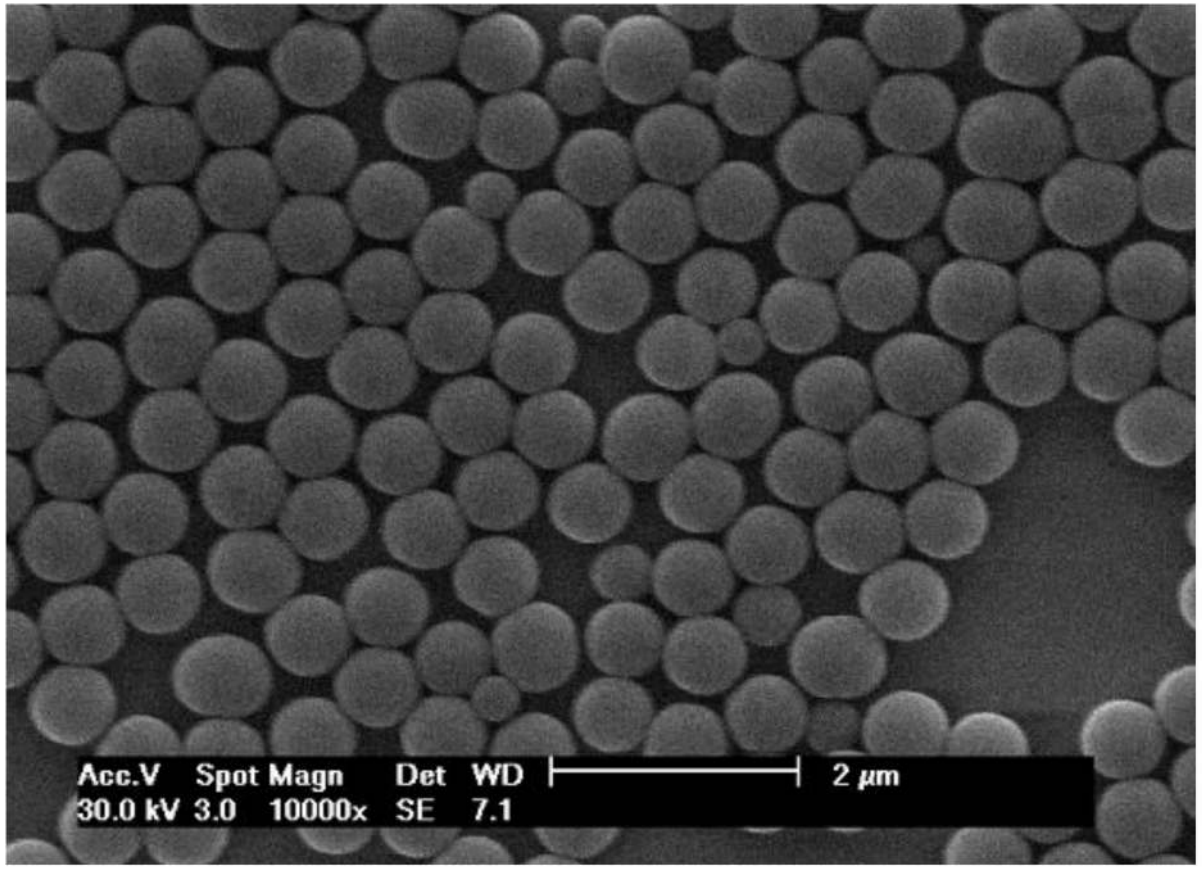
James Moraes de Almeida

Conteúdo do curso

- Qual o plano?
  - Processamento de imagens.
    - Aula 7 — imagem digital, filtros e Fourier.
    - Aula 8 — segmentação e quantificação de microscopia.
    - Aula 9 — aprendizado de máquina para imagens.
    - Aula 10 — redes neurais convolucionais.
- Material principal: Python for Microscopists (DigitalSreeni).

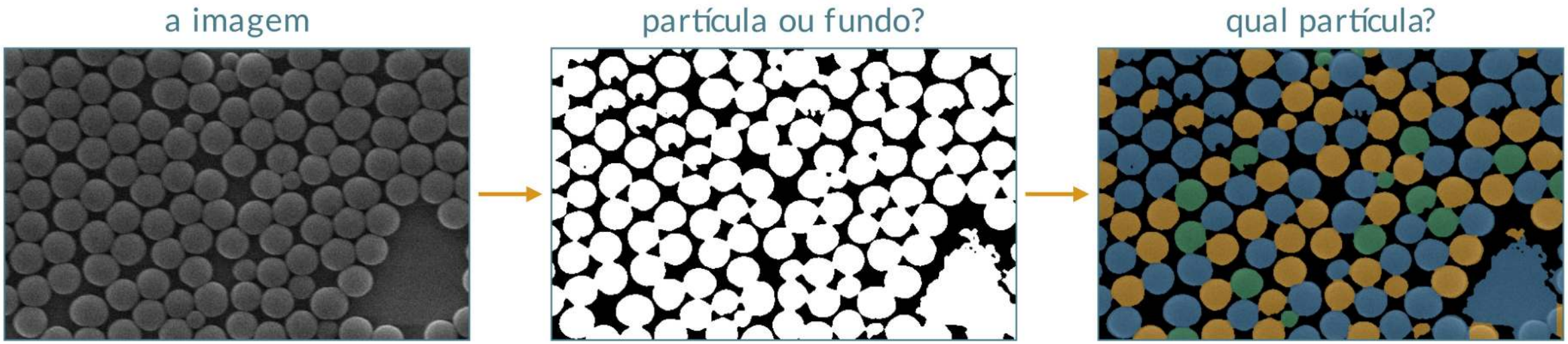
Um enigma

- Nanopartículas de sílica que vocês sintetizaram, no MEV do LNNano.
- Qual o diâmetro delas?



Segmentação de imagens

- Decidir, para cada pixel, a que objeto ele pertence.



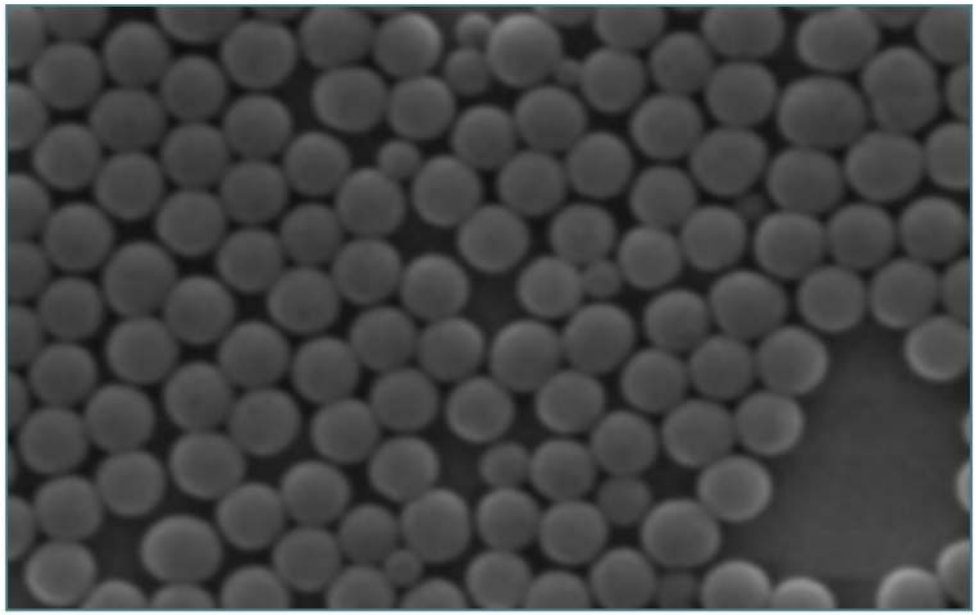
Segmentação de imagens

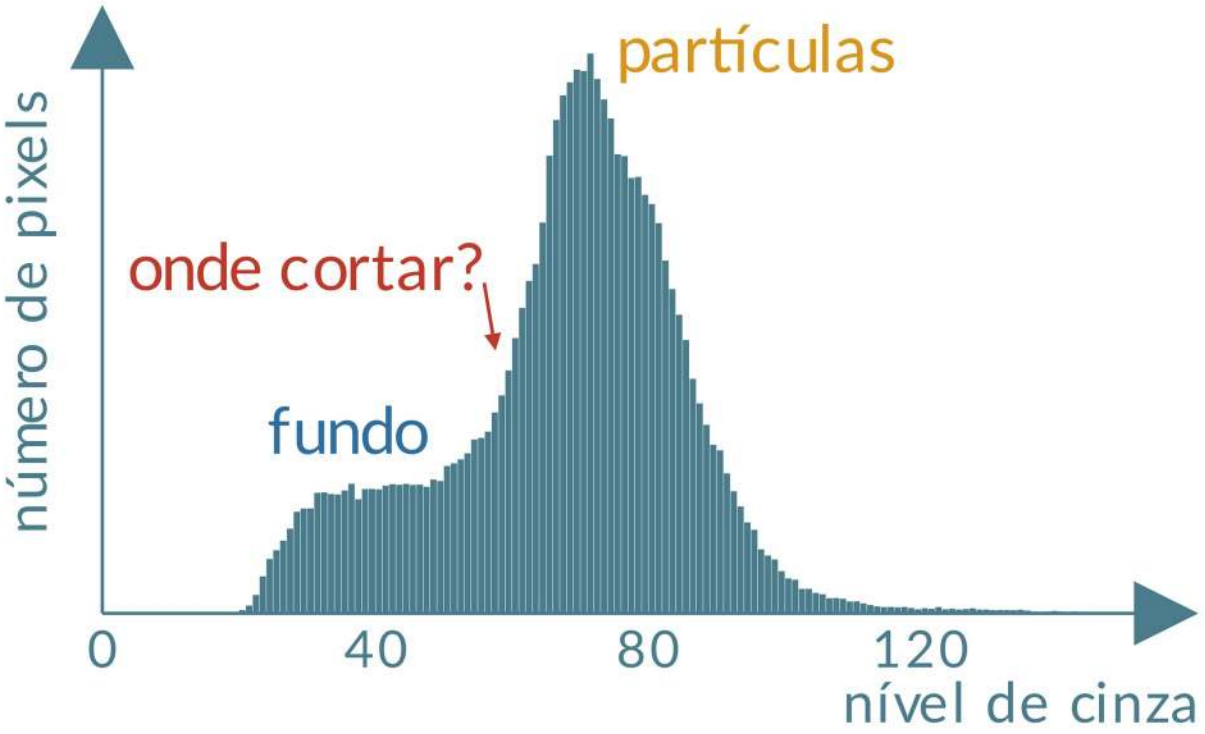
- Existem muitos métodos de segmentação:
  - Limiar no nível de cinza — hoje.
  - Regiões que crescem a partir de sementes: watershed — hoje.
  - Bordas e formas: Hough, template matching — hoje.
  - Agrupamento: K-Means, misturas gaussianas — Aula 9.
  - Aprendizado supervisionado, pixel a pixel — Aula 9.
  - Redes neurais convolucionais — Aula 10.

Segmentação por limiar

- Pelo histograma de intensidade podemos separar fundo e objeto.

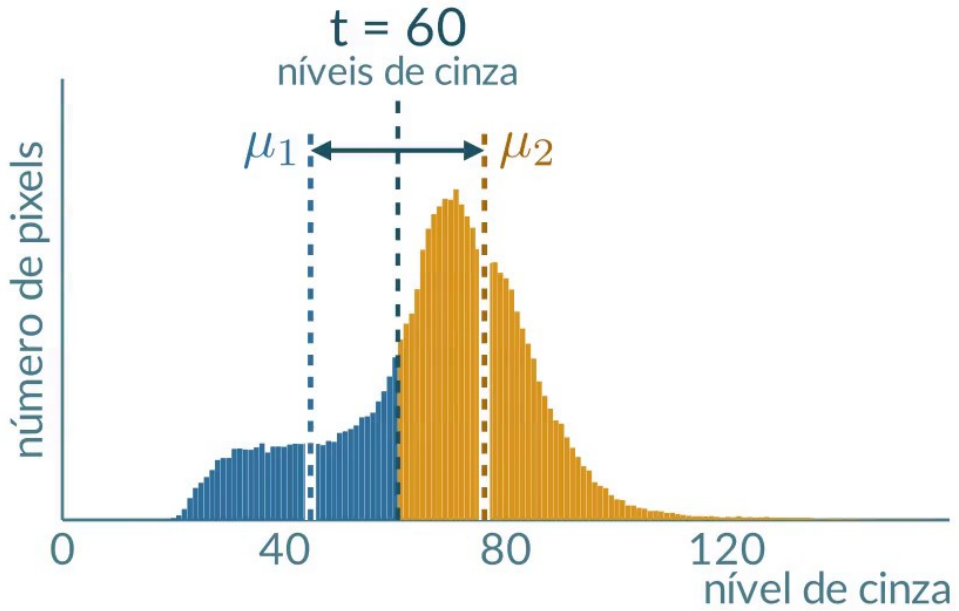
micrografia, suavizada (σ = 2 px)





O método de Otsu varre todos os limiares

$$\sigma_b^2(t) = w_1(t)\, w_2(t) \left[\mu_1(t) - \mu_2(t) \right]^2$$



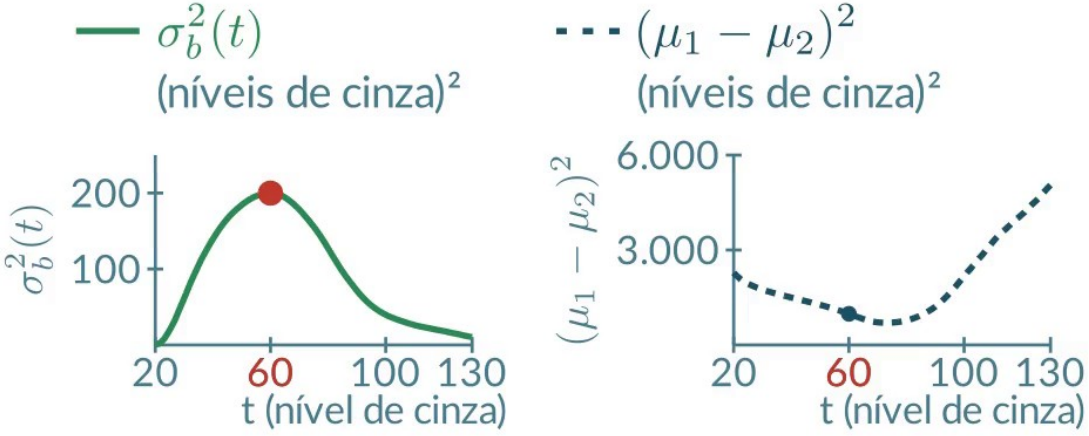
$w_1 = 0{,}2837$ $w_2 = 0{,}7163$

$\mu_1 = 44{,}753$ e $\mu_2 = 76{,}115$ níveis de cinza

$$\sigma_b^2 = w_1 w_2 (\mu_1 - \mu_2)^2$$

$= 0{,}2032 \times 983{,}6$ (níveis de cinza)²

$= 199{,}9$ (níveis de cinza)²



É o mesmo que minimizar a soma ponderada das variâncias das classes.

Método de Otsu

- Passo a passo:
  - 1. Histograma: P(i), a fração dos pixels com nível i.
  - 2. Para cada t: os pesos w_1, w_2 e as médias μ_1, μ_2 das classes.
  - 3. O limiar ótimo t* é o de maior variância entre classes.
- Maximizar a variância entre classes é minimizar a variância dentro delas.

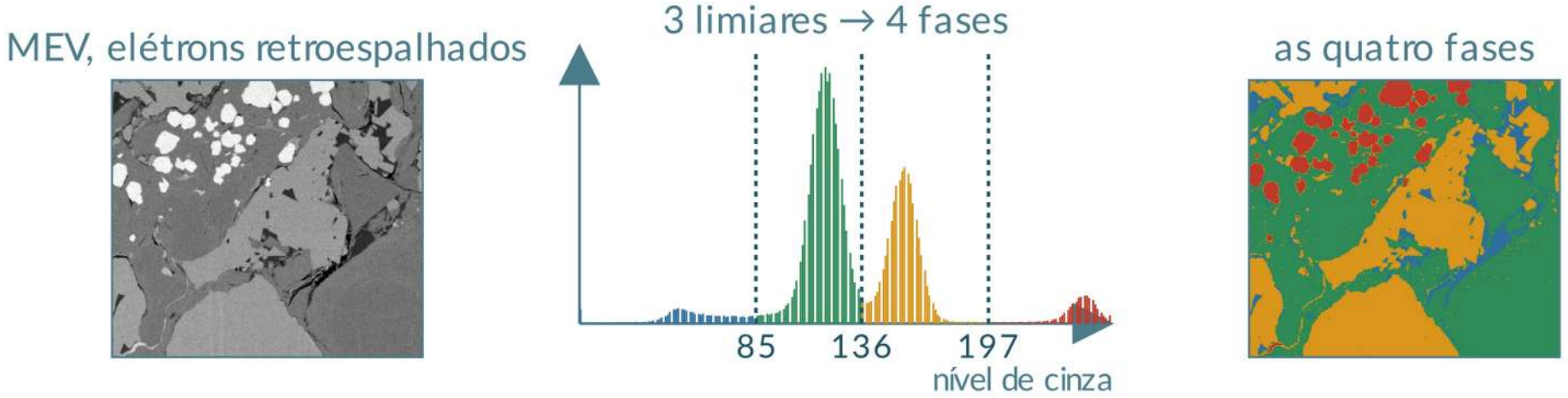
$$P(i) = \frac{n_i}{N} \qquad w_1(t) = \sum_{i=0}^{t} P(i) \qquad w_2(t) = 1 - w_1(t)$$

$$\mu_1(t) = \frac{1}{w_1(t)} \sum_{i=0}^{t} i\,P(i) \qquad \mu_2(t) = \frac{1}{w_2(t)} \sum_{i=t+1}^{255} i\,P(i)$$

$$t^* = \arg\max_t \; w_1(t)\,w_2(t)\,\left[\mu_1(t) - \mu_2(t)\right]^2$$

Mais de duas fases: multi-Otsu

- Vários limiares, escolhidos juntos pelo mesmo critério.
  - 4 fases, 3 limiares: 2.731.135 trios testados na busca exaustiva.

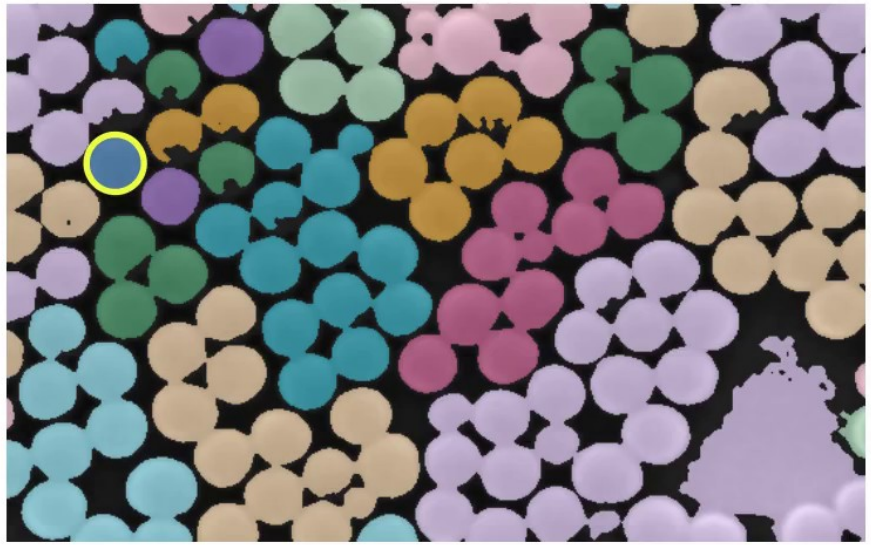


$$\sigma_b^2(t_1,\ldots,t_{K-1}) = \sum_{k=1}^{K} w_k\,(\mu_k - \mu_T)^2 \qquad (t_1^*,\ldots,t_{K-1}^*) = \arg\max\ \sigma_b^2$$

w_k : fração dos pixels na fase k $\quad$ μ_k : nível médio da fase k $\quad$ μ_T : nível médio da imagem inteira

$$K = 2: \quad w_1(\mu_1 - \mu_T)^2 + w_2(\mu_2 - \mu_T)^2 = w_1 w_2(\mu_1 - \mu_2)^2 \quad \text{(a do vídeo)}$$

Do limiar às manchas



32 manchas

20 tocam a borda da imagem

12 inteiras

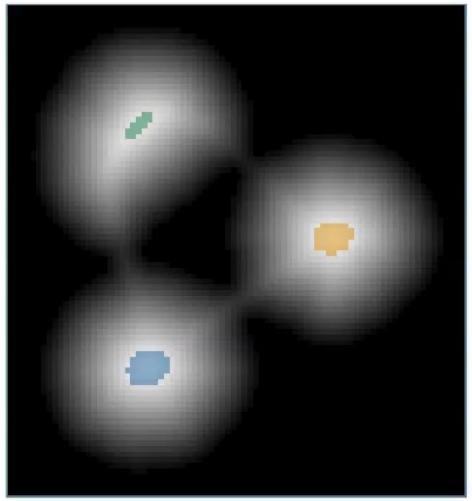
diâmetro médio das manchas inteiras

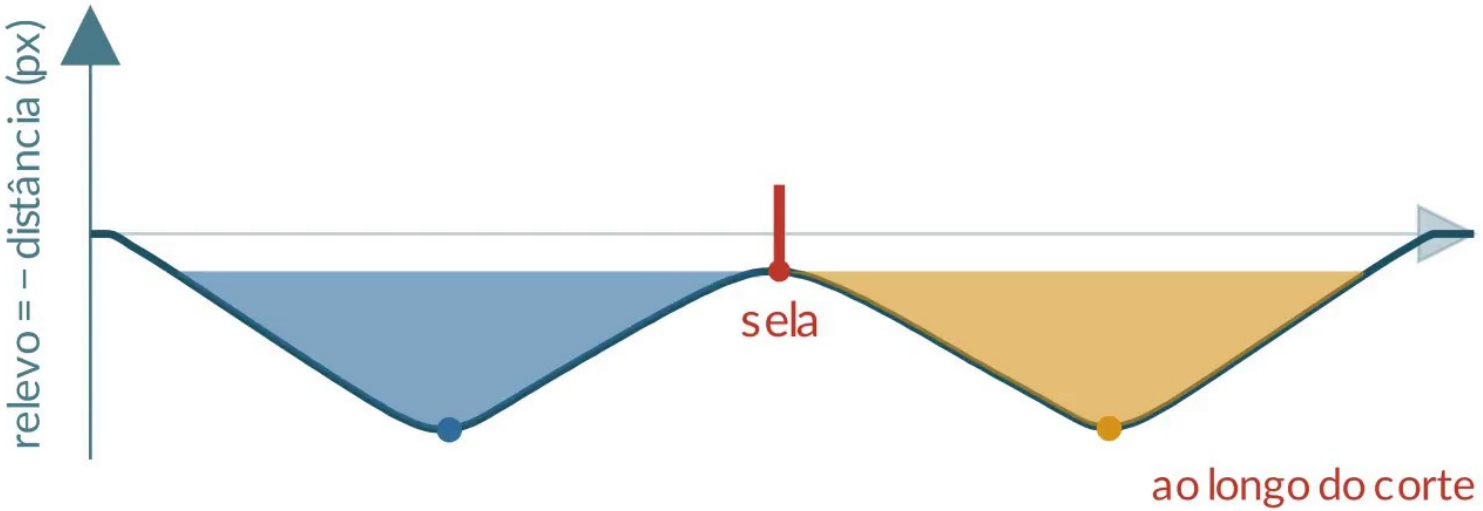
1.064 nm

uma partícula isolada: 643 nm

Como separar as partículas encostadas?

O watershed enche bacias



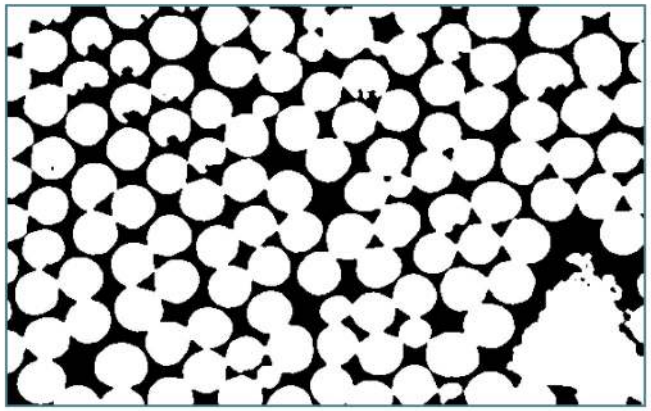


Onde as águas se encontrariam, levanta-se um dique: o divisor de águas.

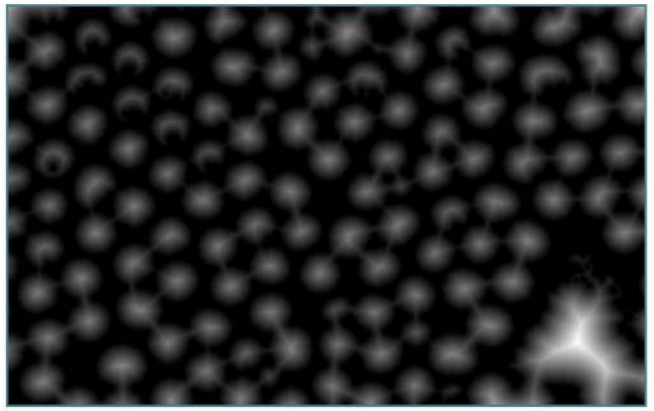
Watershed passo a passo

- Na micrografia: máscara, distância, marcadores, bacias.

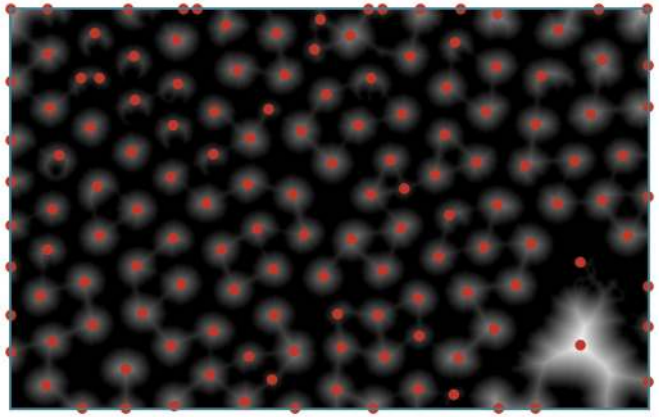
1. máscara (limiar)



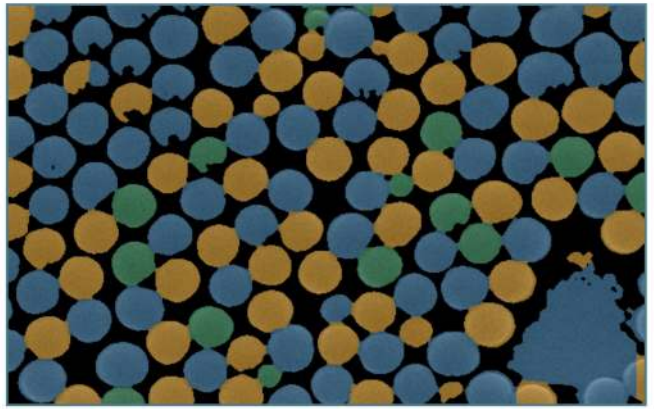
2. distância até o fundo



3. marcadores: os picos (140)

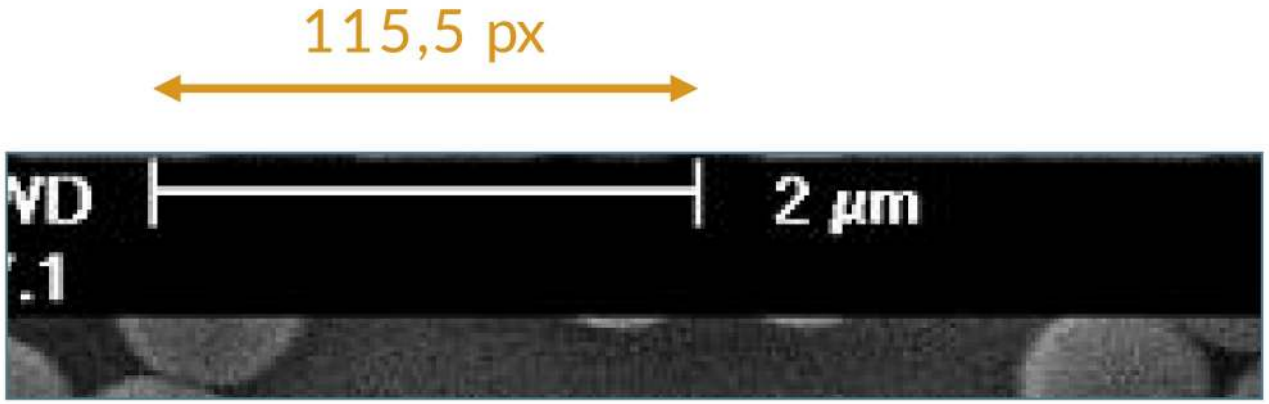


4. as bacias (watershed)

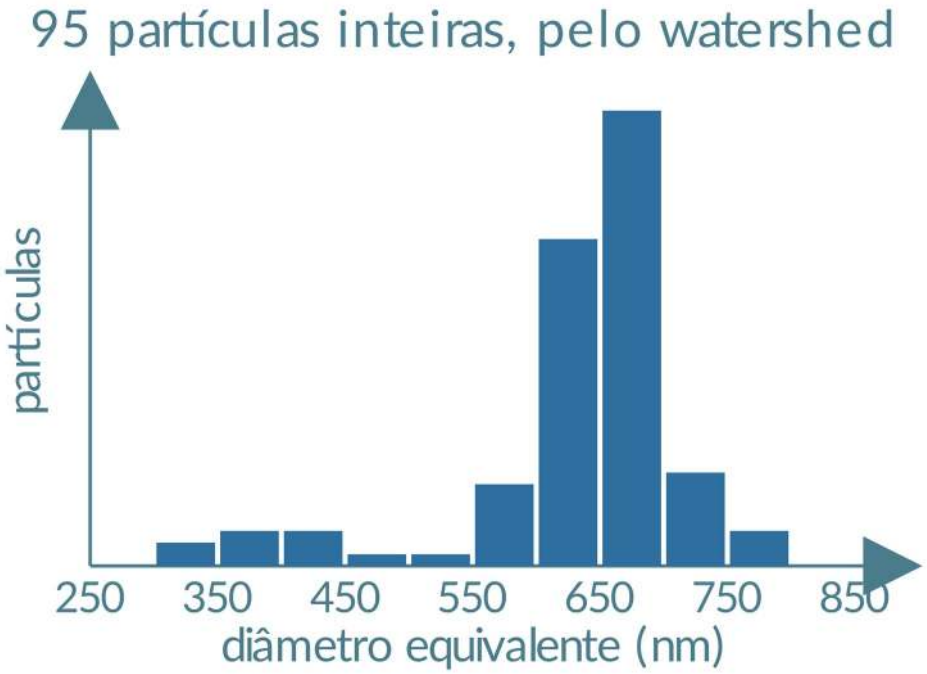


Medindo cada partícula

- A barra de escala da própria imagem dá o tamanho do pixel.
- regionprops mede cada região: área, diâmetro equivalente, solidez.

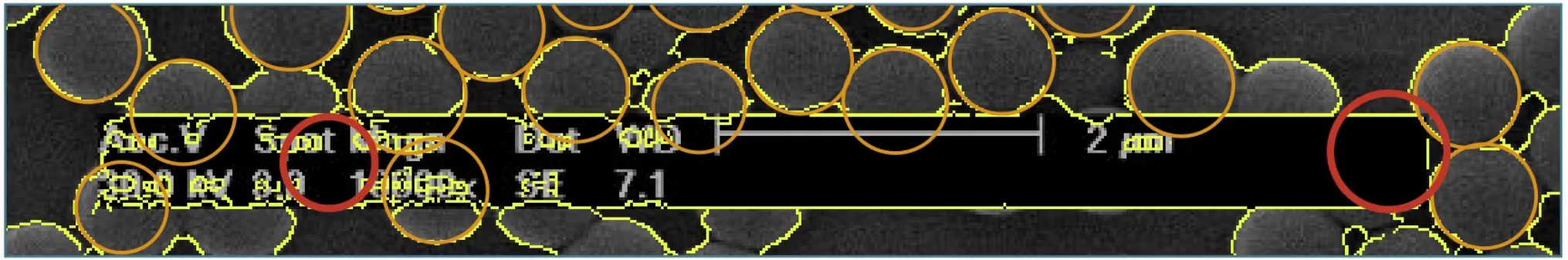


$$1\ \text{px} = \frac{2000\ \text{nm}}{115{,}5\ \text{px}} = 17{,}32\ \text{nm}$$



A transformada de Hough procura círculos

a tira de baixo da imagem original, com a tarja do microscópio



falso

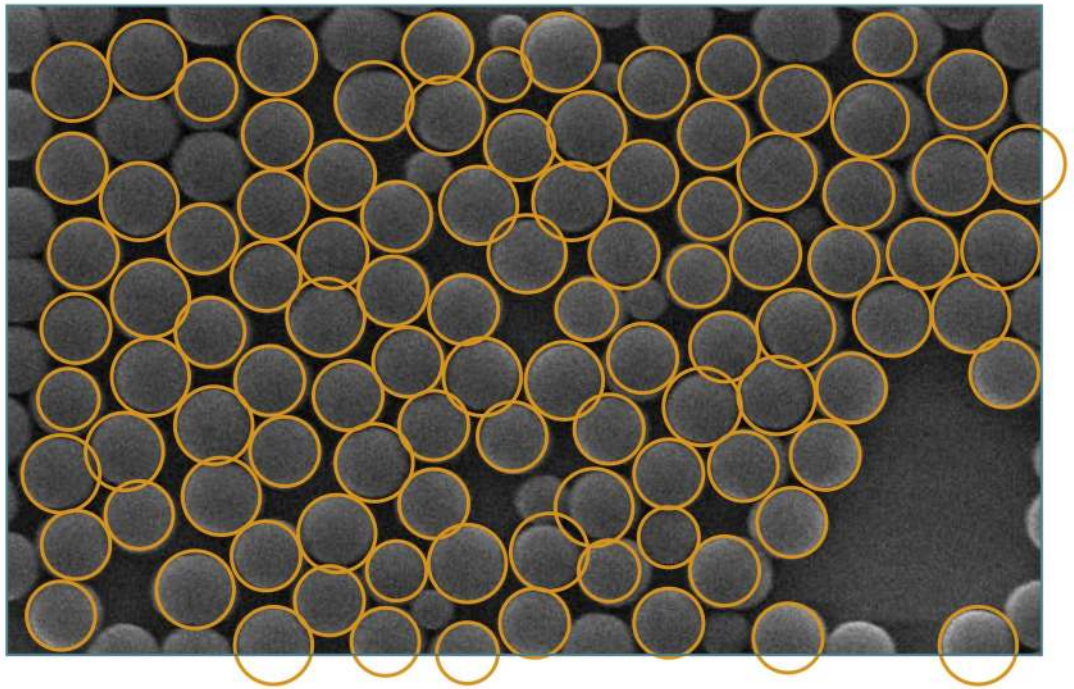
falso

Sem a tarja, a transformada de Hough encontra 101 círculos na imagem.

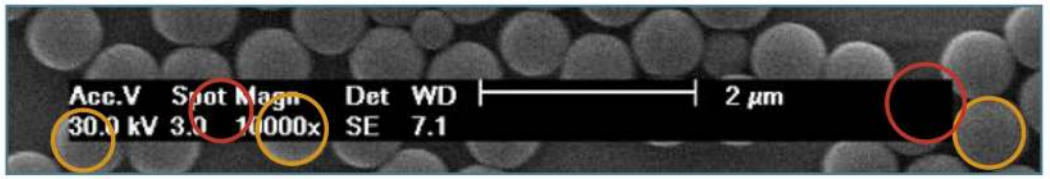
A transformada de Hough

- Outra rota: cada pixel de borda vota nos círculos que passam por ele.
  - Sem limiar de intensidade e sem máscara: uma medida independente.

101 círculos achados, sem limiar de intensidade



a tira de baixo, com a tarja do microscópio

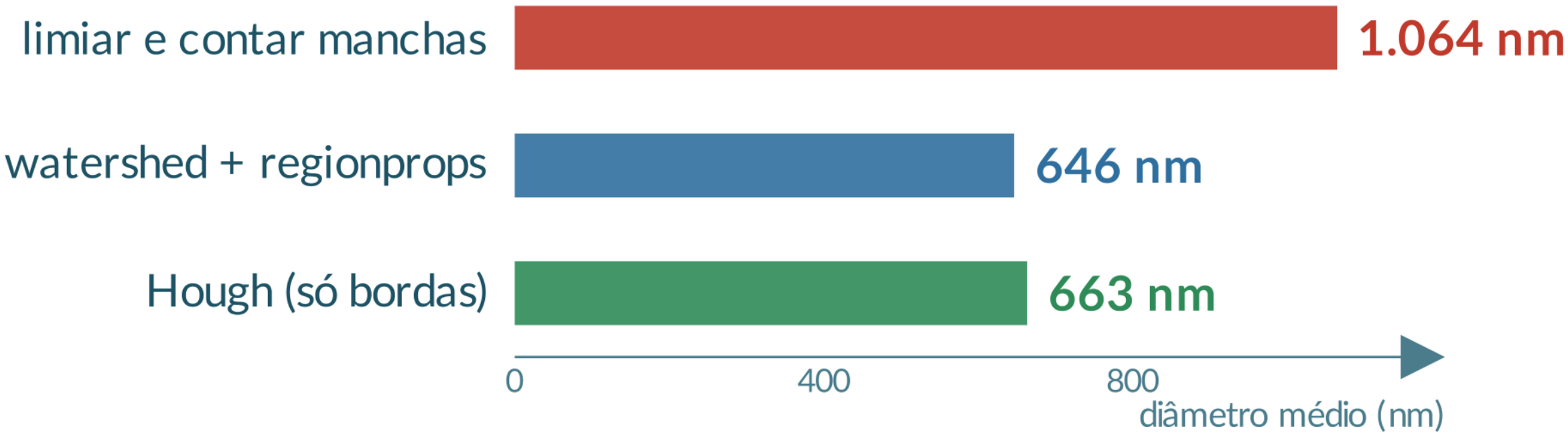


○ 2 círculos falsos, sobre a caixa de texto

○ 3 partículas reais, parcialmente cobertas

O diâmetro das partículas

- Duas rotas independentes concordam a um pixel.



watershed × Hough: 17 nm = 1,0 pixel de diâmetro

as duas rotas medem as mesmas partículas: diâmetros entre 24 e 44 px

Vamos ao Python!

- Segmentação: limiar, Otsu, textura, regionprops, watershed, Hough.
- O notebook da aula está no Teams da disciplina.
  - Aula08_segmentacao.ipynb, com a pasta images/.
  - Mesmo ambiente img_proc da Aula 7.
- Material original (tutoriais 51 a 58):
  - github.com/bnsreenu/python_for_image_processing_APEER

OBRIGADO

James Moraes de Almeida
james.almeida@ilum.cnpem.br

ilum.cnpem.br